

AKUSTIK KOMPAKT

Die Nachhallzeit T

In der Bau- und Raumakustik wird viel mit Fachbegriffen argumentiert, deren genaue Bedeutung nicht immer leicht zu verstehen ist. Akustik-Experte Prof. Dr. Ivar Veit stellt deshalb exklusiv für Trockenbau-Akustik zentrale Fachbegriffe der Akustik in kompakter Form vor.

Die Schallausbreitung in geschlossenen Räumen unterscheidet sich grundsätzlich von der Schallausbreitung im Freien. Im freien Schallfeld, d. h. dort, wo der kugelförmig sich ausbreitende Schall keinerlei Reflexionen erfährt, existiert nur eine fortschreitende Schallwelle, in der der Schalldruck p [Pa] umgekehrt proportional mit der Entfernung r von der Schallquelle abnimmt ($p \sim 1/r$). Der Schalldruckpegel L nimmt bei einer Verdopplung der Entfernung von der Schallquelle um 6 dB ab.

Anders verhält es sich innerhalb geschlossener Räume. Steht eine Schallquelle in einem allseits geschlossenen Raum, so wird das Ohr eines ebenfalls in diesem Raum befindlichen Zuhörers einmal von der direkten Schallwelle getroffen und zum anderen von Wellen, die von den Raumbegrenzungsflächen mehrfach reflektiert worden sind. In großen Räumen kann infolge der unterschiedlichen Laufstrecken des Schalls ein Zeitunterschied zwischen direktem und reflektiertem Schall auftreten. Man empfindet einen **Nachhall**. Beträgt die Zeitdifferenz mehr als 50 ms, so nimmt man ein **Echo** wahr.

In halligen Räumen kann die Verständlichkeit von Sprache stark leiden. Man kann den Einfluss des Nachhalls dadurch herabsetzen, indem man näher an die Schallquelle herangeht. Dadurch überwiegt der Anteil des direkten Schalls. In einer bestimmten, von den geometrischen und akustischen Raumeigenschaften abhängigen Entfernung zur Schallquelle geht der direkte Schall in **Hall** über. Das dort herrschende Schallfeld wird als *diffus* bezeichnet.

Im diffusen Feld ist der Schalldruck p unabhängig von der Quellenentfernung r . Der Übergang vom direkten zum diffusen Schallfeld wird durch den so genannten **Hallradius** r_H beschrieben:

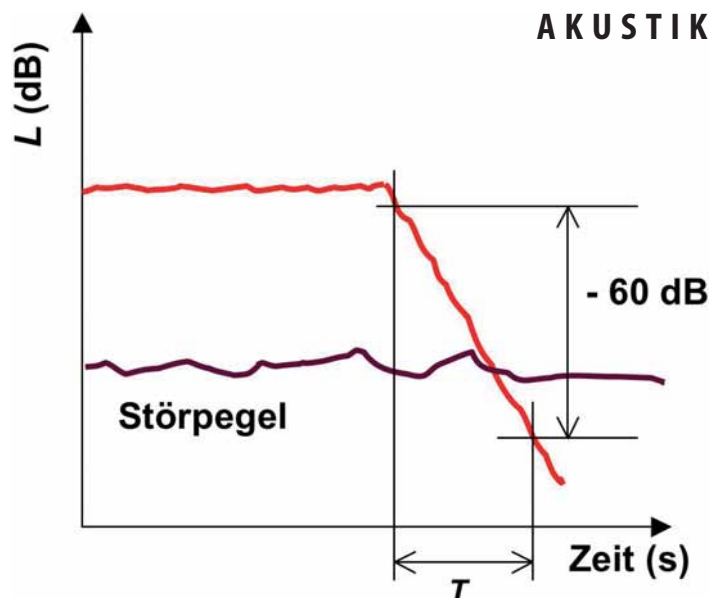
$$r_H = 0,057 \cdot \sqrt{\frac{V}{T}}$$

Darin enthalten sind V [m³] das Raumvolumen und T [s] die **Nachhallzeit**. Gemäß einem Vorschlag von W.C. Sabine (1868–1919) versteht man darunter diejenige Zeit, innerhalb derer die Schallenergie in einem geschlossenen Raum nach dem Aufhören der Beschallung auf den 10⁻⁶-ten Teil des ursprünglichen Wertes, d. h. um –60 dB, abgesunken ist, siehe Abbildung. Sabine hat als Erster den direkten Zusammenhang zwischen der Nachhallzeit T , dem Raumvolumen V und aller Flächen S_i der Raumbegrenzungen multipliziert mit deren Schallabsorptionsgraden α_i erkannt und beschrieben:

$$T = 0,16 \cdot \frac{V}{\sum \alpha_i \cdot S_i} = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$$

A [m²] ist darin die so genannte **äquivalente (Schall-)Absorptionsfläche**; sie ist eine gedachte Fläche, der man eine Schallabsorption von 100 % zuschreibt. Diese Formel gilt, solange man es mit Absorptionsgraden $\alpha < 0,2$ zu tun hat; sie wird heute bei nahezu allen raum- und bauakustischen Untersuchungen verwendet. Ausgenommen davon sind lediglich die Fälle, bei denen $\alpha > 0,2$ ist. Dort arbeitet man mit der Eyring'schen Gleichung:

$$T_i = 0,16 \cdot \frac{V}{-S \cdot (1 - \alpha)}$$



Die Nachhallzeit T eines Raumes ist definiert als diejenige Zeit, in der der Schalldruckpegel L nach Abschalten der Schallquelle um –60 dB abgeklungen ist. Die Messung der frequenzabhängigen Nachhallzeit erfolgt mit Terzbandrauschen. Bei Vorliegen eines erhöhten Störpegels kann die Nachhallzeit nicht über die vollen –60 dB ermittelt werden. Man bestimmt sie daher meist nur für –30 dB (T_{30}), oder gar für –15 dB (T_{15}) und extrapoliert danach auf die vollen –60 dB.

Bei geringer Absorption ist $-\ln(1 - \alpha) \approx \alpha$ und die Eyring'sche Formel geht über in die Sabine'sche Nachhallformel.

Die Nachhallzeit ist eine frequenzabhängige Größe. Bei tiefen Frequenzen ist sie im Allgemeinen höher, bei hohen Frequenzen niedriger. Das hat seine Ursache im frequenzabhängigen Absorptionsgrad α , der umgekehrt, bei tiefen Frequenzen im Allgemeinen klein ist und mit zunehmender Frequenz ansteigt (siehe die Sabine'sche Formel: $T \sim 1/\alpha$). Im Bereich zwischen 500 und 1000 Hz liegen die üblichen Werte für T im Mittel zwischen etwa 0,8...1,6 s.

In der **Raumakustik** ist die Nachhallzeit eine der wichtigsten Größen zur Beschreibung der akustischen Qualität von Veranstaltungsräumen, sowohl für Sprache (z. B. Sprachstudios) als auch für Musik (z. B. Konzertsäle, Opernhäuser etc.). Für die verschiedenen Darbietungsarten, z. B. Kammermusik, Gesang, Schauspiel etc. gibt es **optimale Nachhallzeiten** T_{opt} , die in den entsprechenden Räumen angestrebt werden sollten. Orgelmusik z. B. verlangt nach Räumen mit einer Nachhallzeit von bis zu 3 s.

In der **Bauakustik** wird die Nachhallzeit T zur Ermittlung der äquivalenten Absorptionsfläche A_2

des (Empfangs-)Raumes **2** benötigt, die ihrerseits wiederum für die Bestimmung des **Schalldämmmaßes** R notwendig ist. Wie aus der Sabine'schen Gleichung hervorgeht, ist die Nachhallzeit umso größer, je größer das Raumvolumen V und je kleiner die äquivalente Schallschluckfläche A ist. Bei der Ermittlung des Schalldämmmaßes, z. B. einer Trennwand, wird neben der Pegeldifferenz L_1-L_2 zu beiden Seiten der Wand auch das Verhältnis der Trennwandfläche S zur Absorptionsfläche A_2 quasi als Korrekturgröße benötigt, um unabhängig davon, ob der (Empfangs-)Raum **2** leer oder schon etwas möbliert ist, stets den gleichen Wert für das Schalldämmmaß R zu erhalten, nämlich als unveränderliche Kenngröße der Wand selbst.

Autor

Prof. Dr.-Ing. Ivar Veit ist Akustiker und Sachverständiger mit Büros in Nauheim (Groß Gerau) und Riga (Lettland). An der FH Wiesbaden/Rüsselsheim hat er einen Lehrauftrag für Akustik.

www.trockenbau-akustik.de

Akustik:
 ► Nachhallzeiten